

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 3 0 日
Date of Application:

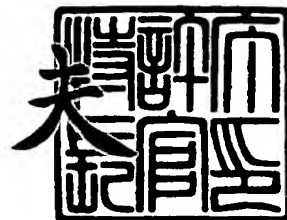
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 7 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 2 2 0 7 6]

出 願 人 ロ ー ム 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 5 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 JP020594P

【提出日】 平成15年 1月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H05H 1/46

【発明者】

 【住所又は居所】 京都市右京区西院溝崎町 2 1 ローム株式会社内

 【氏名】 篠原 壽邦

【特許出願人】

 【識別番号】 000116024

 【氏名又は名称】 ローム株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100094145

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小野 由己男

 【連絡先】 0 6 - 6 3 1 6 - 5 5 3 3

【選任した代理人】

 【識別番号】 100106367

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 稲積 朋子

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 020905

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反応器内の試料にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置であって、
マイクロ波を発生するマイクロ波発生手段と、

前記マイクロ波発生手段と前記反応器との間に設けられ、複数のスロットが形成されており、前記マイクロ波発生手段から発生したマイクロ波の電界強度分布を前記試料の処理面に沿って概ね均一にするスロット板と、

前記スロット板と前記反応器との間に設けられ、前記スロット板から供給されるマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持またはさらに高める第 1 誘電体と、

前記マイクロ波により前記反応器内に発生するプラズマを用いて前記試料を処理する処理手段とを有し、

前記スロット板の厚みが 1 mm 以上であるプラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記マイクロ波発生手段と前記スロット板との間に、さらに第 2 誘電体が設けられている、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記スロット板の厚みは 3 mm 以上である、請求項 1 または 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記スロット板の前記スロットは長形状であり、前記スロットの長辺方向の長さ L_1 は、下記式 (1) を実質的に満たす請求項 1 または 2 に記載のプラズマ処理装置

$$L_1 \geq (3/8) \lambda_A \quad \cdots (1)$$

ここで、 λ_A : 前記スロット板に導入されるマイクロ波の波長。

【請求項 5】

前記スロットの長辺方向の長さ L_1 は、下記式 (2) を実質的に満たす請求項 4 に記載のプラズマ処理装置

$$L_1 \geq (1/2) \lambda_A \cdots (2)$$

ここで、 λ_A : 前記スロット板に導入されるマイクロ波の波長。

【請求項 6】

前記スロットの長辺方向の長さ L_1 は、実質的に、 $L_1 = (1/2) \lambda_A$ である、請求項 5 に記載のプラズマ処理装置

ここで、 λ_A : 前記スロット板に導入されるマイクロ波の波長。

【請求項 7】

前記第 1 誘電体及び前記第 2 誘電体の前記試料の処理面に沿う断面が矩形状である、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記スロットは概ね同一サイズの同一形状で、概ね同一方向に沿って設けられており、隣接する前記スロットの中心間の距離 L_5 は、実質的に、 $L_5 = n_{L5} \lambda_2$ である、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置

ここで、 λ_2 : 前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長

n_{L5} : 1 以上の整数。

【請求項 9】

前記スロットは概ね同一サイズの同一形状であり、前記スロット板に沿う互いに直交する軸のいずれかに関して線対称に配置され、かつ隣接するスロットの中心間の距離 L_6 は、実質的に、 $L_6 = n_{L6} (\lambda_2/2)$ である、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置

ここで、 λ_2 : 前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長

n_{L6} : 1 以上の整数。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロ波により発生したプラズマを利用するプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

IC (integrated circuit) の形成には、マイクロ波（例えば、2.45GHz）を用いたプラズマ処理装置が用いられている。このマイクロ波を用いたプラズマ処理装置では、高い周波数を有するマイクロ波により高密度、かつ低電子温度のプラズマを得ることができる。よって、ゲート酸化膜等の薄膜への電氣的破壊や物理的破壊の影響を抑えることができる。

さらに、近年、ICの微細化及びウェハの大口径化が進み、それに伴い大口径な薄膜を均一に作成することが要求されている。そこで、このようなプラズマ装置には、マイクロ波を均一に誘電体に導入するためのスロット板が使用されている。スロット板を用いることでマイクロ波を均一化し、マイクロ波により発生するプラズマを均一化している。この均一化されたプラズマにより、ガスを均一に分離・励起し、均一な薄膜を形成している。スロット板には、マイクロ波の導入窓となる長形状のスロットを形成する際に発生する突起や、スロット板の厚みによるマイクロ波の電界強度分布の乱れ等を防止するために薄い金属板が使用されている。この薄い金属板を使用する場合、薄い金属板から導入されるマイクロ波の結合度が大き過ぎると、火花や異常放電発生などの問題が発生する。そのため、スロット板のスロットの長辺方向の長さ（以下、スロット長）は、スロット板上部でのマイクロ波の波長の半分より十分に短く設定されている。

【0003】

また、アンテナのスロットから誘電体にマイクロ波を導入する場合、アンテナ内を伝搬するマイクロ波の波長の半分より十分に短いスロット長のスロットから誘電体に導入するマイクロ波の電界強度を大きくするために、アンテナの厚みを薄くする技術が開示されている（例えば特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開 2002-50615号

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、金属により形成された薄いスロット板やアンテナが使用されているため、プラズマ生成の際に発生する熱が放熱され難く、プラズマ装置内の温度が上

昇し、スロット板が熱により変形しひずみが発生する。よって、スロットによりマイクロ波の透過率が変化する、マイクロ波の均一性が低下する等の特性が変動する問題が発生している。

そこで、本発明では、熱による熱変形ひずみを低減しつつ、マイクロ波の特性変動を防止するスロット板を有するプラズマ装置を提供する。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本願第1発明は、反応器内の試料にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置であって、マイクロ波を発生するマイクロ波発生手段と、前記マイクロ波発生手段と前記反応器との間に設けられ、複数のスロットが形成されており、前記マイクロ波発生手段から発生したマイクロ波の電界強度分布を前記試料の処理面に沿って概ね均一にするスロット板と、前記スロット板と前記反応器との間に設けられ、前記スロット板から供給されるマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持またはさらに高める第1誘電体と、前記マイクロ波により前記反応器内に発生するプラズマを用いて前記試料を処理する処理手段とを有し、前記スロット板の厚みが1mm以上であるプラズマ処理装置を提供する。

【0007】

スロット板の厚みが1mm以上であると、プラズマを発生させる際等に生じる熱の放熱特性や剛性が向上し、かつスロットから導入されるマイクロ波が減少することで、火花や異常放電発生などの問題を低減することができ、マイクロ波を試料の処理面に沿って概ね均一に保ちやすい（以下、電界強度分布が概ね均一なマイクロ波を、均一なマイクロ波と称する。また、以下の“均一”とは“試料の処理面に沿う方向に概ね均一”をいうものとする）。

本願第2発明は、前記第1発明において、前記マイクロ波発生手段と前記スロット板との間に、さらに第2誘電体が設けられているプラズマ処理装置を提供する。

【0008】

第2誘電体、スロット板、第1誘電体によりマイクロ波の不均一性を低減するため、マイクロ波を均一化し易い。

本願第3発明は、前記第1または第2発明において、前記スロット板の厚みは3 mm以上であるプラズマ処理装置を提供する。

厚みが3 mm以上のスロット板により放熱特性や剛性をさらに向上することができる。

本願第4発明は、前記第1または第2発明において、前記スロット板の前記スロットは長形状であり、前記スロットの長辺方向の長さ L_1 は、下記式(1)を実質的に満たすプラズマ処理装置を提供する。

【0009】

$$L_1 \geq (3/8) \lambda_A \cdots (1)$$

ここで、 λ_A : 前記スロット板に導入されるマイクロ波の波長である。

上記の構成により、スロット板の厚みが厚い場合でもスロットによるマイクロ波の減衰を防止し易く、スロット板を通過したマイクロ波と第1誘電体内のマイクロ波との結合度を良好にすることができる。

本願第5発明は、前記第4発明において、前記スロットの長辺方向の長さ L_1 は、下記式(2)を実質的に満たすプラズマ処理装置を提供する。

$$L_1 \geq (1/2) \lambda_A \cdots (2)$$

ここで、 λ_A : 前記スロット板に導入されるマイクロ波の波長である。

【0010】

上記の構成により、スロット板の厚みが厚い場合でもスロットによるマイクロ波の減衰をさらに防止し、マイクロ波の透過特性を改善することができる。よって、スロット板を通過したマイクロ波と第1誘電体内のマイクロ波との結合度を良好にすることができる。

本願第6発明は、前記第5発明において、前記スロットの長辺方向の長さ L_1 は、実質的に、 $L_1 = (1/2) \lambda_A$ であるプラズマ処理装置を提供する。ここで、 λ_A : 前記スロット板に導入されるマイクロ波の波長である。

【0011】

上記の構成により、スロットの長辺方向の長さが、スロット板に導入されるマイクロ波の波長のほぼ共振長となる。よって、スロットの短辺方向の長さが狭い場合であってもマイクロ波の透過率を高めつつ、かつマイクロ波の分布を乱さず

に高い結合度を得ることができる。また、スロットの長辺方向において隣接するスロットの中心間隔 L_2 を実質的に、 $L_2 = \lambda_A$ とすると、各スロットから第 1 誘電体に導入されるマイクロ波の位相が揃うのでさらに好ましい。

本願第 7 発明は、前記第 2 発明において、前記第 1 誘電体及び前記第 2 誘電体の前記試料の処理面に沿う断面が矩形状であるプラズマ処理装置を提供する。

【0012】

第 1 誘電体及び第 2 誘電体の試料の処理面に沿う断面を矩形状とすることで、マイクロ波の電界強度分布が試料の処理面に沿って全体として均一となる。その均一なマイクロ波により均一にプラズマが発生し、このプラズマにより励起・活性化されたガス分子によって均一な薄膜形成が可能となる。また、ガスの流量・組成比等のプロセス条件の変更やメンテナンス等によるプロセス条件の変化が生じて、マイクロ波が伝播する領域が矩形状であるためマイクロ波の電界強度分布が偏りにくい。よって、プロセスマージンを拡大することができる。

【0013】

本願第 8 発明は、前記第 7 発明において、前記スロットは概ね同一サイズの同一形状で、概ね同一方向に沿って設けられており、隣接する前記スロットの中心間の距離 L_5 は、実質的に、 $L_5 = n_{L5} \lambda_2$ であるプラズマ処理装置を提供する。ここで、 λ_2 : 前記第 2 誘電体内のマイクロ波の波長、 n_{L5} : 1 以上の整数である。

第 2 誘電体内の波長 λ_2 のマイクロ波が、各々の中心間の距離が λ_2 の整数倍であり、また同一サイズの長形状で同一方向に沿って設けられたスロットから第 1 誘電体に導入されると、各々のスロットの中心位置における第 1 誘電体内でのマイクロ波の位相が揃うため、第 1 誘電体に導入されるマイクロ波と第 1 誘電体内を伝搬するマイクロ波との結合度を高めることができる。

【0014】

本願第 9 発明は、前記第 7 発明において、前記スロットは概ね同一サイズの同一形状であり、前記スロット板に沿う互いに直交する軸のいずれかに関して線対称に配置され、かつ隣接するスロットの中心間の距離 L_6 は、実質的に、 $L_6 = n_{L6} (\lambda_2 / 2)$ であるプラズマ処理装置を提供する。ここで、 λ_2 : 前記第 2 誘電

体内のマイクロ波の波長、 $nL6$: 1 以上の整数である。

前記第 8 発明と同様に、第 1 誘電体に導入されるマイクロ波と第 1 誘電体内を伝搬するマイクロ波との結合度を高めることができ、さらにスロットの実装密度を高めることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

<プラズマ処理装置>

プラズマ処理装置は、マイクロ波発生器、処理室及び処理室上部のマイクロ波伝搬領域を有しており、以下のように処理が行われる。

マイクロ波発生器より発生したマイクロ波がマイクロ波伝搬領域を伝搬し、ガス雰囲気処理室内に電界が形成される。この電界とガスとによりプラズマが発生し、プラズマにより生成された化学種により成膜、エッチング、気相洗浄等の処理が処理室内の試料に施される。

【0016】

このようなプラズマを利用したプラズマ処理装置には、プラズマにより酸化・窒化を行う装置（以下、プラズマ酸窒化装置という）、プラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置、プラズマエッチング装置、プラズマアッシング装置、プラズマ洗浄装置、プラズマアニール装置等がある。

以下に、本発明のプラズマ処理装置として、プラズマ酸窒化装置を例に挙げて説明する。

<第 1 実施形態例>

[構成]

図 1 は第 1 実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置の外観、図 2 は図 1 の A-A' を含む試料の処理面に垂直な方向における図 1 の装置の断面図、図 3 は図 1 に示すプラズマ酸窒化装置の要部の分解斜視図、図 4 (a)、(b) はスロット板のスロット形状である。

【0017】

第 1 実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置は、マイクロ波発生器 1、導波管 2

及びチャンバ4を有している。チャンバ4には、成膜ガス等のガスを導入するガス導入口5及びガスを排出するガス排出口6が取り付けられている。また、チャンバ4は、円筒形状のチャンバ蓋（以下、円形チャンバ蓋）4aと円筒形状の処理室（以下、円形処理室）4bとを有している。円形処理室4bには、円形チャンバ蓋4aと対向する位置に試料12を載置するための試料台11が設けられている。円形処理室4bの側面には、ガス導入口5から成膜ガス等のガスを円形処理室4bに供給するガス導入部10が設けられている。一方、円形チャンバ蓋4aには、上から順に共振器7、円筒形状のスロット板（円形スロット板）8及び円筒形状の封止誘電体（以下、円形封止誘電体）9が円形処理室4bの上部を覆うように設けられている。円形スロット板8には、図4（a）に示すように、長方形のスロット8aが放射状に設けられている。図4（a）に示すスロット8aの短辺方向の長さ W_1 は、長辺方向の長さ L_1 よりも十分に短い。また、円形スロット板8としては、図4（b）に示すラジアルラインスロットアンテナを使用しても良い。このとき、図4（b）のスロット8a1の長辺方向の長さ L_{a1} とスロット8a2の長辺方向の長さ L_{a2} との合計は、 $L_1 = L_{a1} + L_{a2}$ で表されるものとする。また、チャンバ4上には、導波管2内に設けられた同軸アンテナ3が設けられている。

【0018】

ここで、円形スロット板8の厚み t は剛性や放熱特性の観点から1mm以上であると好ましい。円形スロット板8の厚みが1mm以上であると、プラズマを発生させる際等に生じる熱の放熱特性や剛性が向上し、かつスロット8aから導入されるマイクロ波が減少することで、火花や異常放電発生などの問題を低減することができ、マイクロ波の均一性を保ちやすい。厚み t が3mm以上であると、さらに前記の問題を低減することができるので好ましい。

また、スロット8aの長辺方向のスロット長 L_1 は、好ましくは $L_1 \geq (3/8) \lambda_7$ 、さらに好ましくは $L_1 \geq (1/2) \lambda_7$ となるように設定する。ここで、 λ_7 は共振器7内のマイクロ波の波長である。このようにスロット長 L_1 を設定することで、スロット板の厚み t が厚い場合でもスロット8aによるマイクロ波の減衰を防止し易く、円形スロット板8を通過した共振器7内のマイクロ波と円形

封止誘電体 9 内のマイクロ波との結合度を良好にすることができる。さらに好ましくは $L_1 = (1/2) \lambda_7$ となるように設定する。このようにすることでスロット長 L_1 が波長 λ_7 のほぼ共振長となり、厚み t が 1 mm 以上の円形スロット板 8 であっても、またスロット 8 a の短辺方向の長さ W_1 が狭い場合であっても円形封止誘電体 9 へのマイクロ波の十分な透過率を得ることができ、円形スロット板 8 によるマイクロ波の減衰を防止することができる。また、マイクロ波の分布を乱さずに、共振器 7 から円形スロット板 8 を介して円形封止誘電体 9 に導入されるマイクロ波と円形封止誘電体 9 内のマイクロ波との高い結合度を得ることができる。よって、スロット板の変形や異常放電、マイクロ波の減衰等による不均一なマイクロ波の発生を低減しつつ、さらに高い結合度を得ることができる。そのため、効率よく均一なプラズマを発生させて大口径ウェハにおいて薄膜を均一に生成することができる。(以下、電界強度分布が概ね均一なマイクロ波を、均一なマイクロ波と称する。また、以下の“均一”とは“試料 12 の処理面に沿う方向に概ね均一”をいうものとする)

また、図 4 に示す長辺方向の隣接するスロットの中心間隔 L_2 を実質的に、 $L_2 = \lambda_7$ とすると、各スロット 8 a から円形封止誘電体 9 に導入されるマイクロ波の位相が揃うのでさらに好ましい。さらに、スロット 8 a 内部の比誘電率と円形封止誘電体 9 内の比誘電率とが同程度であれば、スロット 8 a を通過する際のマイクロ波の反射を低減することができるので好ましい。

【0019】

円形スロット板 8 の厚み t と熱変形ひずみとの関係は、厚み t と透過率との関係と相反関係にあるため、プラズマ酸化装置の特性に適応させて決定する必要がある。

さらに、円形スロット板 8 上部に円筒形状のアンテナ誘電体(以下、円形アンテナ誘電体) 15 を設けると、円形アンテナ誘電体 15、円形スロット板 8 及び円形封止誘電体 9 により、円形封止誘電体 9 内のマイクロ波の電界強度分布がさらに均一化される。また、同軸アンテナ 3 のかわりに、スロットアンテナ、矩形導波管等その他のアンテナを設けても良い。また、上記の誘電体としては、石英、フッ素樹脂、ポリエチレン、ポリスチレン等の誘電損失の少ない物質が好まし

い。誘電体は、真空、空気、ガス等比誘電率が“1”である場合を含む。また、誘電体の表面の少なくとも一部が導体で覆われている場合を含む。また、スロット板の材質としては、Cu、Al等の金属板が用いられる。

[処理]

このプラズマ酸化装置では、例えば以下のように成膜の処理が行われる。

【0020】

まず、ガス排出口6より排気を行って、円形処理室4b内を所定の真空度にし、ガス導入口5及びガス導入部10を介して円形処理室4b内にガスを導入する。次に、マイクロ波発生器1より発生したマイクロ波を、円形スロット板8を介して円形封止誘電体9に導入し、その電界強度分布を均一化する。そのマイクロ波を円形処理室4b内に導入する。導入されたマイクロ波により発生したプラズマは、ガス分子を励起・活性化させ化学種を生成し、試料12の表面に薄膜を形成する。

[実験結果]

次に円形スロット板8の厚み t 及びスロット8aのスロット長 L_1 と透過率及び熱変形によるひずみとの関係を示す。図5は円形スロット板8の厚み t と熱変形によるひずみとの関係を示す説明図である。図6はスロット長 $L_1 = (1/4)\lambda_7$ 、 $(3/8)\lambda_7$ 、 $(1/2)\lambda_7$ のスロットを有する円形スロット板8各々の厚み t と透過率との関係を示す説明図である。

【0021】

図5及び図6は、共振器7内の波長 λ_7 が自由空間波長となる程度の寸法を有し、かつ石英で充填されている場合の実験結果である。

図5より円形スロット板8の厚み t が1mm以上である場合、円形スロット板8の熱変形ひずみは約 $40\mu\text{m}$ 以上である。よって、厚み t が1mm以上であると剛性を向上でき、かつ良好な放熱特性を得ることができるため、熱変形ひずみが円形スロット板8の厚み t の $1/10$ 以下と十分に小さくなり、熱変形によるマイクロ波への影響を低減できる。さらに、厚み t が $1 \leq t \leq 3$ (mm)の範囲では、図5より熱変形ひずみが約 $20\mu\text{m}$ となり、変形によるアンテナ特性の変動をさらに小さくできる。また、プラズマを発生させる際に生じる熱の放熱特性

がさらに向上し、かつ火花や異常放電などの問題をさらに低減することができる。

【0022】

図6より厚み t が1mmの各スロット長 L_1 における透過率は、全て約80%以上あり、剛性及び透過率ともに問題ない。特に、 $L_1 \geq (3/8)\lambda_7$ とすると、透過率が約90%以上となりマイクロ波の透過率を向上できるので好ましい。また、厚み t が $1 \leq t \leq 3$ (mm)の範囲では、 $L_1 \geq (3/8)\lambda_7$ とすると透過率は約70%以上となり、 $L_1 \leq (1/4)\lambda_7$ の場合と比較してマイクロ波の透過率を十分に高めることができる。厚み t が3mm以上においても同様に熱変形ひずみは約20 μ m以下と小さく、さらに $L_1 \geq (3/8)\lambda_7$ であると透過率の低下も抑制できる。例えば、厚み t が5mmの時、熱変形ひずみは約5 μ mで、透過率は約55%以上である。

<第1実施例>

以下の図7～図11を参照し、第1実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置について、第1実施例を挙げてより具体的に説明する。図7は第1実施例のプラズマ酸窒化装置の外観、図8は図7のB-B'を含む図中X軸に垂直な図7の装置の断面図、図9は図7に示すプラズマ酸窒化装置の要部の分解斜視図、図10はH面スロットアンテナのスロット形状、図11は複数のスロット36aを有する矩形スロット板36の斜視図である。

[全体構成]

本実施例に係るプラズマ酸窒化装置は、矩形導波管20、H面スロットアンテナ30及び試料12の処理面に沿う断面が矩形状のチャンバ（以下、矩形チャンバ）25を有している。また、矩形チャンバ25には、試料12の処理面に沿う断面が矩形状の処理室（以下、矩形処理室）25b及び矩形処理室25bを覆う、試料12の処理面に沿う断面が矩形状のチャンバ蓋（以下、矩形チャンバ蓋）25aが設けられている。

【0023】

矩形チャンバ蓋25aは、図9に示すように、上から順にそれぞれ試料12の処理面に沿う断面が矩形状のアンテナ誘電体（以下、矩形アンテナ誘電体）34

、試料 12 の処理面に沿う断面が矩形状のスロット板（以下、矩形スロット板）36 及び試料 12 の処理面に沿う断面が矩形状の封止誘電体（以下、矩形封止誘電体）38 を有している。

矩形スロット板 36 には、長方形状のスロット 36a が設けられている。スロット 36a の長辺方向の長さ L_3 は、 $L_3 = (1/2) \lambda_{34}$ 、短辺方向の長さ W_2 は、長辺方向の長さ L_3 よりも十分に短い。矩形スロット板の厚み t は 1 mm である。また、スロット 36a は、図 11 に示すように、隣接するスロット 36a のスロットの中心間隔 L_4 が実質的に $L_4 = \lambda_{34}$ となるように、かつ一方向に沿って設けられていると好ましい。ここで、 λ_{34} は、矩形アンテナ誘電体 34 内のマイクロ波の波長である。スロット 36a は、矩形封止誘電体 38 内でのマイクロ波分布に応じて、その傾斜角度を変更することもできる。つまり、試料 12 の処理方法や装置の処理条件などに応じて矩形封止誘電体 38 内でのマイクロ波の X 方向の伝搬成分と Y 方向の伝搬成分との比を考慮し、スロット 36a の傾斜角度を変更する。矩形アンテナ誘電体 34 上には、H 面スロットアンテナ 30 が載置されており、この H 面スロットアンテナ 30 により矩形導波管 20 から矩形アンテナ誘電体 34 にマイクロ波が導入される。

【0024】

H 面スロットアンテナ 30 は、上部 30a、側部 30b 及び底部 30c を有している。底部 30c、つまり H 面スロットアンテナ 30 の H 面には、図 10 に示すように H 面スロットアンテナ 30 の辺方向に沿って、長方形状のスロット 30d が形成されている。H 面スロットアンテナ 30 上部には矩形導波管 20 が搭載されている。その他の以下に述べる構成以外は、前記第 1 実施形態例と同様である。

以下に、本実施例に係るプラズマ酸化装置の各部について詳細に説明する。

[矩形アンテナ誘電体]

矩形状に形成されている矩形アンテナ誘電体 34 は、マイクロ波の電界強度分布を均一化する。また、矩形アンテナ誘電体 34 は、矩形処理室 25b との間に設けられた矩形スロット板 36 により、矩形アンテナ誘電体 34 内のマイクロ波と矩形処理室 25b 内のプラズマにより反射されたマイクロ波との結合が抑制さ

れている。そのため、矩形アンテナ誘電体 34 内を伝搬するマイクロ波はプラズマの影響を受けにくく、マイクロ波の電界強度分布を均一化し易い。

[矩形封止誘電体]

矩形封止誘電体 38 は、矩形状に形成されており、矩形スロット板 36 より導入されたマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持したままあるいはさらに高め、矩形封止誘電体 38 下方の矩形処理室 25b にプラズマを発生させるための電界を形成する。また、矩形封止誘電体 38 は、真空状態の矩形処理室 25b を大気から隔離し、清浄空間に保つ。

[矩形スロット板]

矩形スロット板 36 は、矩形アンテナ誘電体 34 から導入されるマイクロ波の電界強度分布の均一性を、スロット 36a により保持したままあるいはさらに高める。矩形スロット板 36 は、必ずしも試料 12 の処理面に沿う断面が矩形状である必要はなく、矩形アンテナ誘電体 34、矩形封止誘電体 38 及び矩形処理室 25b を覆う形状であれば良く、例えば円形状であっても良い。

【0025】

また、スロット 36a 内部の比誘電率と矩形アンテナ誘電体 34 の比誘電率とが同程度であれば、スロット 36a を通過する際のマイクロ波の反射を低減することができ、設計も容易となるのでより好ましい。

[矩形処理室]

矩形処理室 25b では、矩形封止誘電体 38 内のマイクロ波により電界が形成される。矩形封止誘電体 38 から均一なマイクロ波が導入されているため、矩形処理室 25b 内では均一なプラズマが発生する。このプラズマにより励起・活性化されたガス分子によって、均一な薄膜が試料 12 上に形成される。矩形処理室 25b は、その中で発生したプラズマによりマイクロ波が反射・吸収されるため通常マイクロ波が伝搬する領域ではない。よって、矩形処理室 25b の試料 12 処理面に沿う方向の断面は必ずしも矩形状である必要はない。ただし、マイクロ波が完全に吸収されずに矩形処理室 25b 内を伝搬する場合もあるので、不均一なマイクロ波によりプラズマの均一性が乱されないように矩形処理室 25b の試料 12 処理面に沿う断面を矩形状とするのが好ましい。このようにすることで、

プラズマの均一性をさらに高め、より均一な薄膜を形成することができる。

[H面スロットアンテナ]

H面スロットアンテナ30は、図10に示すように底部30cにH面スロットアンテナ30の辺方向に沿って、一定間隔毎に長形状スロット30dを有している。よって、矩形アンテナ誘電体34、矩形スロット板36、矩形封止誘電体38によりマイクロ波を均一化するとともに、マイクロ波の電界強度分布の均一性を高めるのに有効である。ここでは、アンテナとしてH面スロットアンテナを用いているが、E面スロットアンテナ、円形導波管、同軸導波管、スロット以外の結合素子等を使用することもできる。なかでも、断面が矩形状のスロットアンテナを使用した場合には、一点に大電力が集中することがなく、発熱・異常放電等の特性変動が生じにくい。また、スロットアンテナが矩形状であるため、矩形アンテナ誘電体34に固定し易く特性変動が生じにくいため、均一なプラズマを発生させることができる。

【0026】

H面スロットアンテナ30は、少なくとも1カ所に設置すればよいが、大口径な試料を処理する大型な装置に対応させて、複数個設けたり、分岐させて誘電体にマイクロ波を導入するようにしても良い。このとき、偶数個設けるようにすると設計が容易で好ましい。さらに 2^n (n は自然数) 個設けるようにするとより好ましい。

[矩形チャンバ]

矩形チャンバ25は、矩形アンテナ誘電体34、矩形封止誘電体38等にあわせて試料12の処理面に沿う断面を矩形状に形成すると電氣的・構造的な不整合が少なくなるので好ましい。

【0027】

よって、プラズマ酸化装置の矩形アンテナ誘電体34及び矩形封止誘電体38の試料12の処理面に沿う断面を矩形状とすることで、マイクロ波の電界強度分布が試料の処理面に沿って全体として均一となる。その均一なマイクロ波により均一にプラズマが発生し、このプラズマにより励起・活性化されたガス分子によって均一な薄膜形成が可能となる。また、ガスの流量・組成比等のプロセス条

件の変更やメンテナンス等によるプロセス条件の変化が生じて、マイクロ波が伝播する領域が矩形状であるためマイクロ波の電界強度分布が偏りにくい。よって、プロセスマージンを拡大することができる。

【0028】

また、矩形アンテナ誘電体 34、矩形スロット板 36 及び矩形封止誘電体 38 により、矩形封止誘電体 38 内のマイクロ波の電界強度分布がさらに均一化されるため、マイクロ波の不均一性を低減でき、マイクロ波を均一化し易い。

上記の矩形アンテナ誘電体 34 及び矩形封止誘電体 38 において、均一化されたマイクロ波はプラズマにより減衰しうるため、必ずしも定在波条件を満たしている必要はなく、概ね均一な電界強度分布を有するマイクロ波であれば良い。ただし、定在波条件を満たしていれば多重反射によるうち消し合いが低減し、より均一にプラズマを発生させ易く、試料 12 表面にさらに均一に薄膜が形成されるので好ましい。同様の理由により、矩形処理室 25b、矩形スロット板 36、H 面スロットアンテナ 30、矩形導波管 20 もマイクロ波の定在波条件を満たしていると好ましい。

<第2実施例>

以下に、第1実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置について、第2実施例を挙げて説明する。ただし、第2実施例に係るプラズマ酸窒化装置は、以下に記載の矩形スロット板 36 のスロット形状以外については、第1実施例と同様の構成を有している。

【0029】

図12(a), (b)は矩形スロット板のスロットの形状、図13(a), (b)は図12(a), (b)それぞれに示すスロット形状とアンテナ誘電体内を伝搬するX及びY方向のある時間におけるマイクロ波の波長との関係を示す説明図である。

図12(a)では、長方形形状のスロット 36a が、概ね同一サイズ及び同一方向で複数設けられている。また、隣接するスロット 36a の中心間の距離 L_5 を、実質的に、 $L_5 = n_{L5} \lambda_{34}$ を満たすように設定する。ここで、 λ_{34} は矩形アンテナ誘電体 34 内のマイクロ波の波長、 n_{L5} は 1 以上の整数である。スロット 3

6aは、矩形封止誘電体38内でのマイクロ波分布に応じて、その傾斜角度を変更することもできる。つまり、試料12の処理方法や装置の処理条件などに応じて矩形封止誘電体38内でのマイクロ波のX方向の伝搬成分とY方向の伝搬成分との比を考慮し、スロット36aの傾斜角度を変更する。

【0030】

図13(a)に示す矩形アンテナ誘電体34内を伝搬する波長 λ_{34} のマイクロ波がスロット板36に導入されると、図13(a)の斜線部分のマイクロ波が各々のスロット36aから矩形封止誘電体38に導入される。よって、各々のスロット36aの中心位置における矩形封止誘電体38内でのマイクロ波の位相が揃うため、矩形封止誘電体38に導入されるマイクロ波と矩形封止誘電体38内を伝搬するマイクロ波との結合度を高めることができる。

一方、図12(b)では、長方形状のスロット36aが、概ね同一サイズで複数設けられており、前記スロット板に沿う互いに直交する軸のいずれかに関して線対称である。また、隣接するスロット36aの中心間の距離 L_6 を、実質的に、 $L_6 = nL_6 (\lambda_{34}/2)$ を満たすように設定する。ここで、 λ_{34} は矩形アンテナ誘電体34内のマイクロ波の波長、 nL_6 は1以上の整数である。スロット36aの傾斜角度は前述の通りである。

【0031】

図13(b)に示す矩形アンテナ誘電体34内を伝搬する波長 λ_{34} のマイクロ波がスロット板36に導入されると、図13(b)の斜線部分のマイクロ波が各々のスロット36aから矩形封止誘電体38に導入される。よって、前述と同様に、マイクロ波同士の干渉による損失を抑制しつつ、かつスロットの実装密度を高めることができ、より均一なプラズマの励起が可能となる。

[その他の実施形態例]

(A) 本発明は、シリコンプロセス以外の化合物、FPD (Flat Panel Display) プロセス等に適用可能である。また、プラズマを用いないマイクロ波照射装置、マイクロ波加熱装置等にも適用可能である。

(B) 前記実施例は、必要に応じて組み合わせて用いることができる。

【0032】

【発明の効果】

本発明を用いれば、熱による熱変形ひずみを低減しつつ、マイクロ波の特性変動を防止するスロット板を有するプラズマ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

第 1 実施形態例に係るプラズマ酸窒化装置の外観図。

【図 2】

第 1 実施例に係るプラズマ酸窒化装置の A-A' を含む試料の処理面に垂直な方向における図 1 の装置の断面図。

【図 3】

図 1 に示すプラズマ酸窒化装置の要部の分解斜視図。

【図 4】

(a) スロット板のスロット形状 (1)。

(b) スロット板のスロット形状 (2)。

【図 5】

円形スロット板 8 の厚み t と熱変形によるひずみとの関係を示す説明図。

【図 6】

3 種類の各スロット長のスロットを有する円形スロット板 8 各々の厚み t と透過率との関係を示す説明図。

【図 7】

第 1 実施例に係るプラズマ酸窒化装置の外観図。

【図 8】

図 7 の B-B' を含む図中 X 軸に垂直な図 7 の装置の断面図。

【図 9】

図 7 に示すプラズマ酸窒化装置の要部の分解斜視図。

【図 10】

H 面スロットアンテナのスロット形状。

【図 11】

複数のスロット 36 a を有する矩形スロット板 36 の斜視図。

【図 12】

(a) 矩形スロット板のスロットの形状 (1)。

(b) 矩形スロット板のスロットの形状 (2)。

【図 13】

(a) 図 12 (a) のスロットとアンテナ誘電体内を伝搬する X 及び Y 方向のマイクロ波の波長との関係を示す説明図。

(b) 図 12 (b) のスロットとアンテナ誘電体内を伝搬する X 及び Y 方向のマイクロ波の波長との関係を示す説明図。

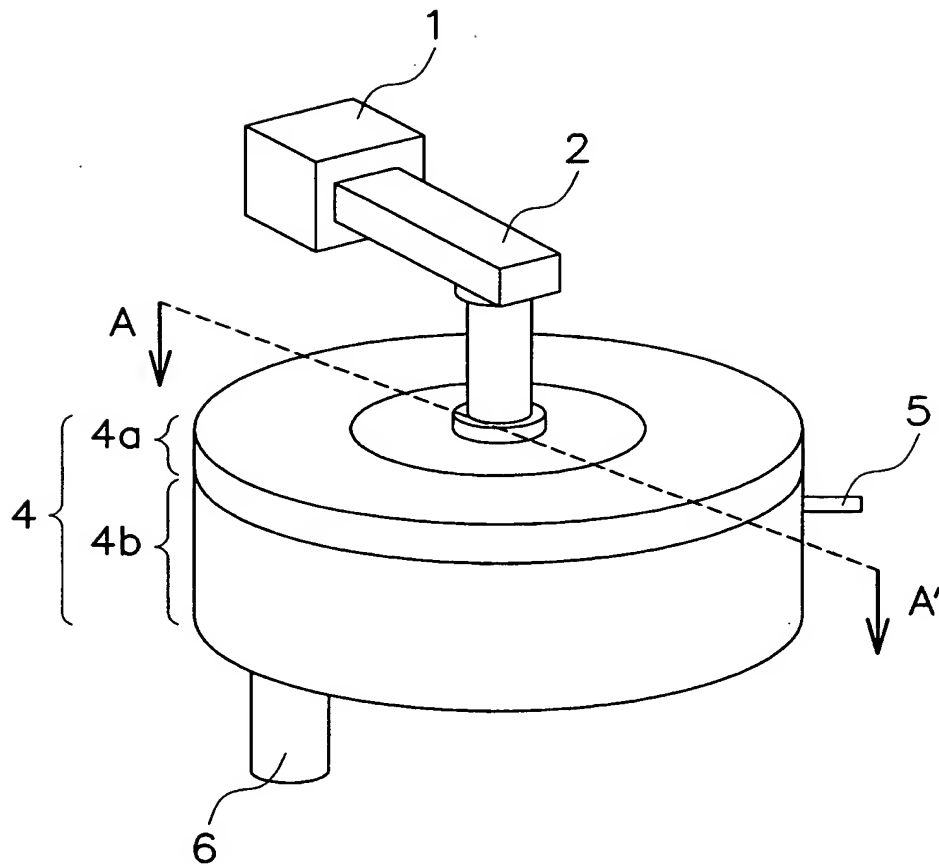
【符号の説明】

- 1 マイクロ波発生器
- 2 導波管
- 3 同軸アンテナ
- 4 チャンバ
- 4 a 円形チャンバ蓋
- 4 b 円形処理室
- 7 共振器
- 8 円形スロット板
- 9 円形封止誘電体
- 12 試料
- 20 矩形導波管
- 25 矩形チャンバ
- 25 a 矩形チャンバ蓋
- 25 b 矩形処理室
- 30 H面スロットアンテナ
- 34 矩形アンテナ誘電体
- 36 矩形スロット板
- 38 矩形封止誘電体

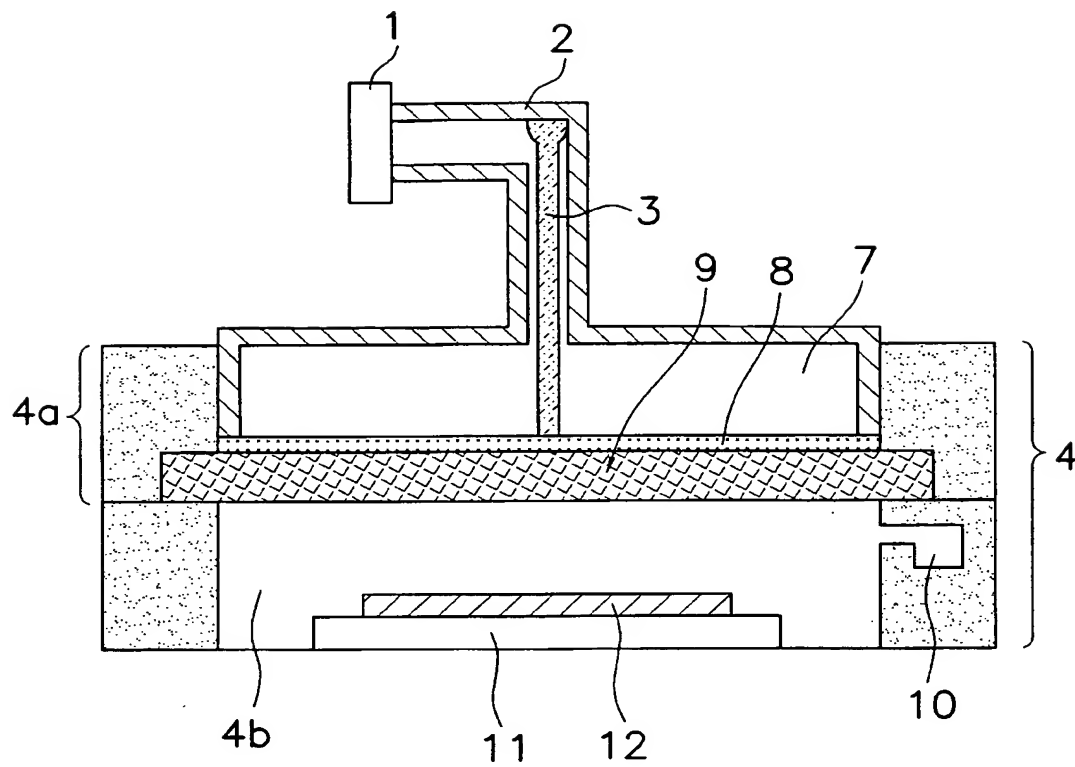
【書類名】

図面

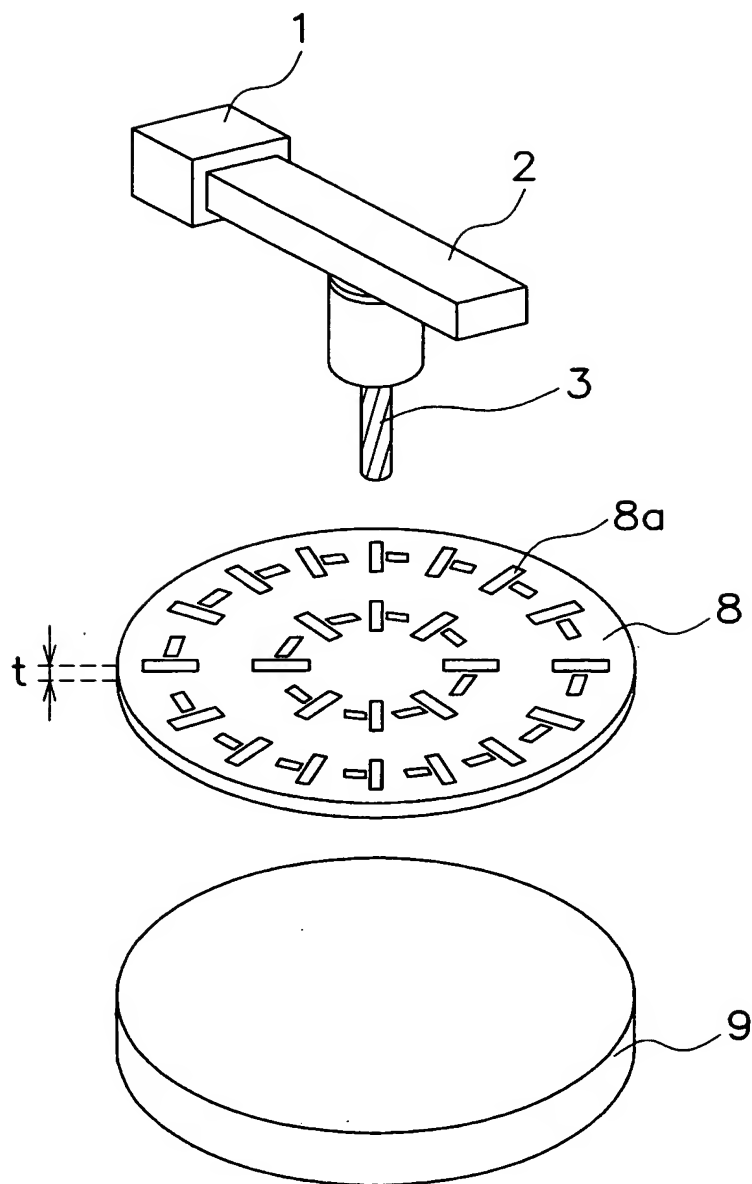
【図 1】



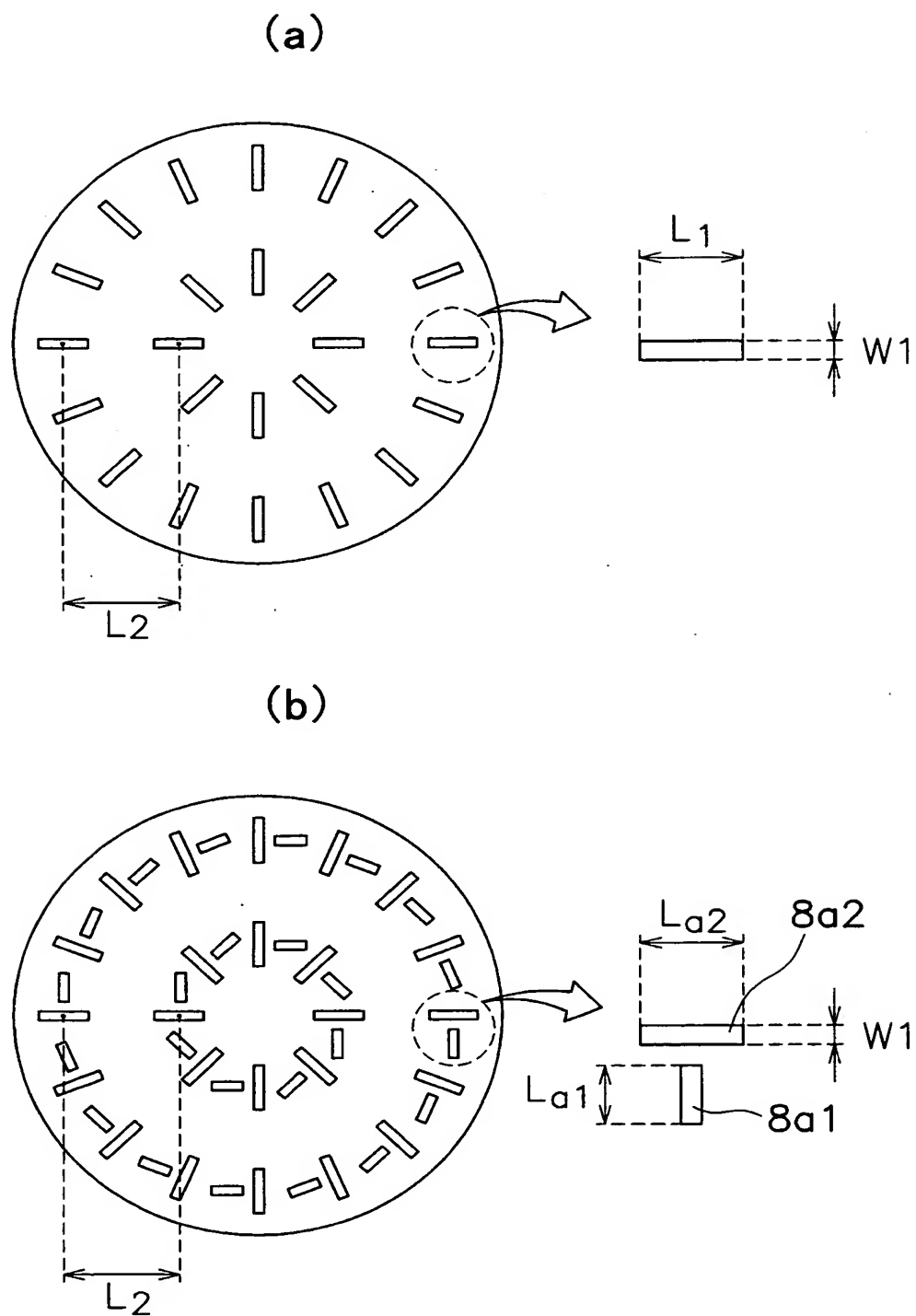
【図 2】



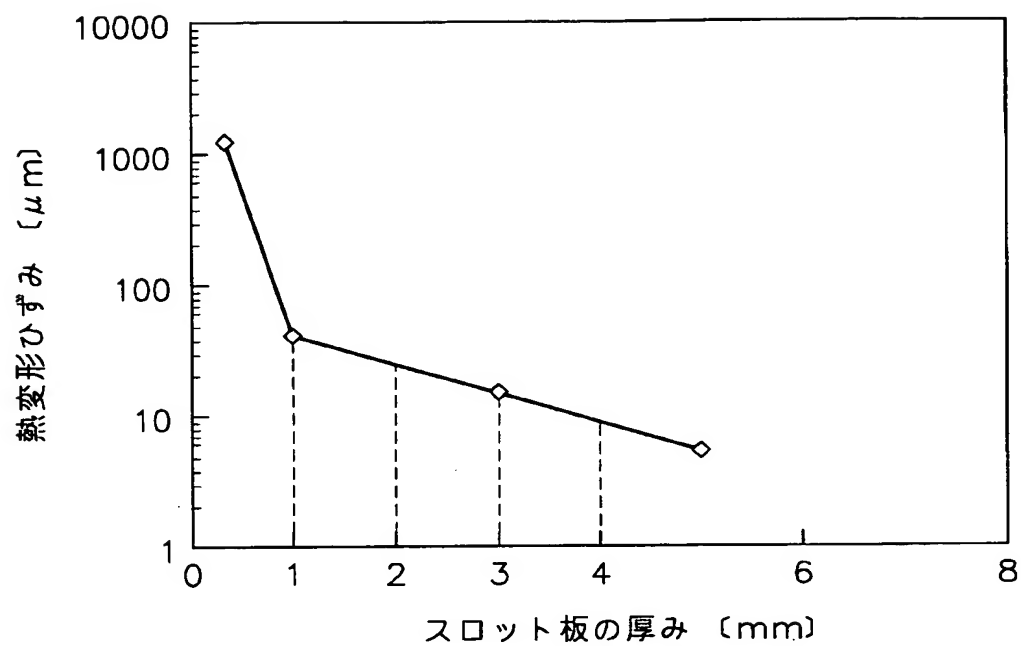
【図 3】



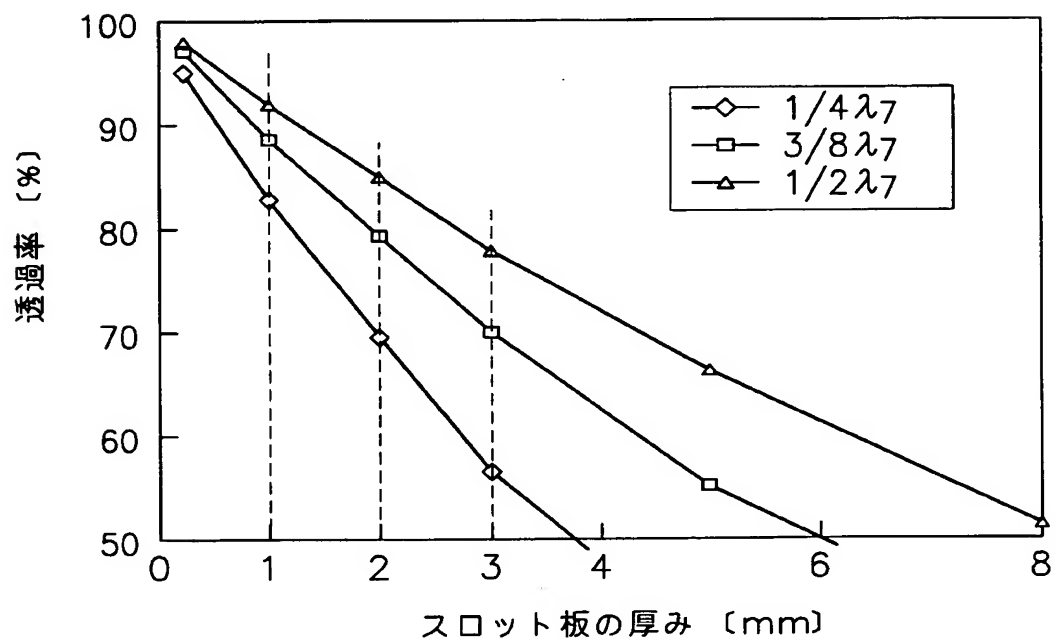
【図 4】



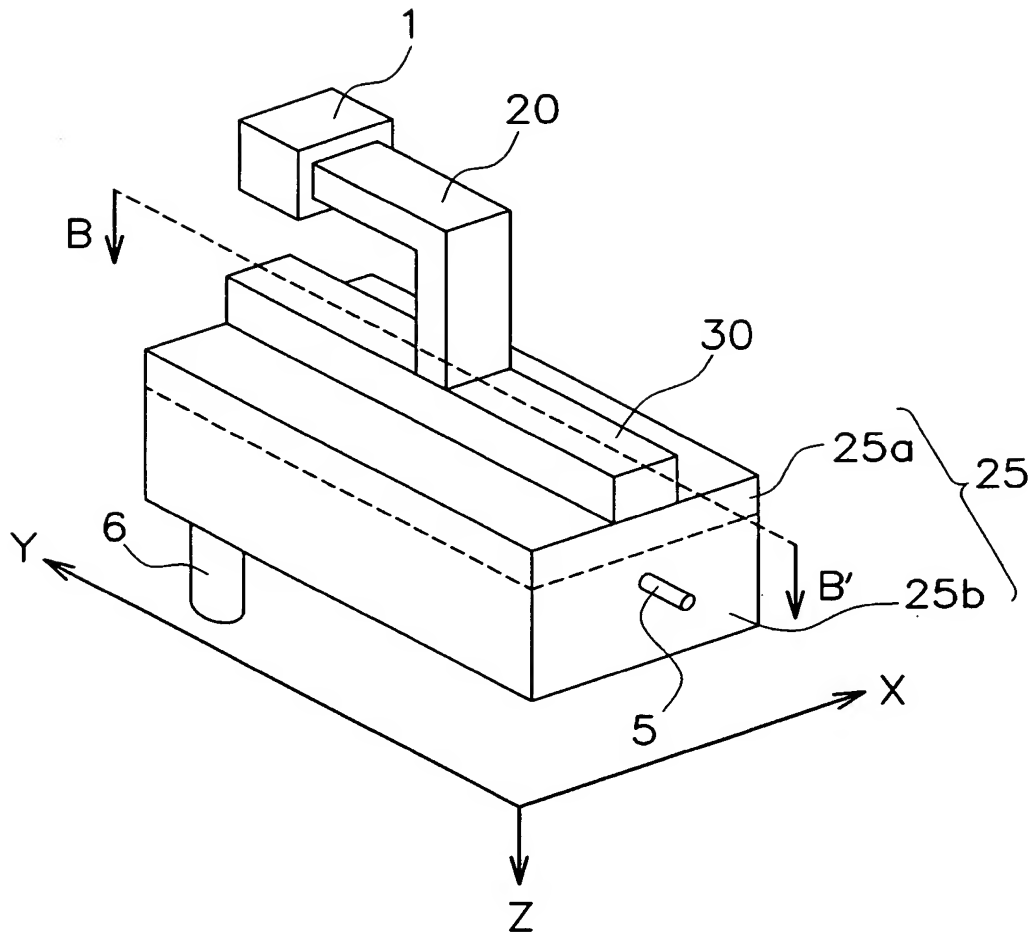
【図 5】



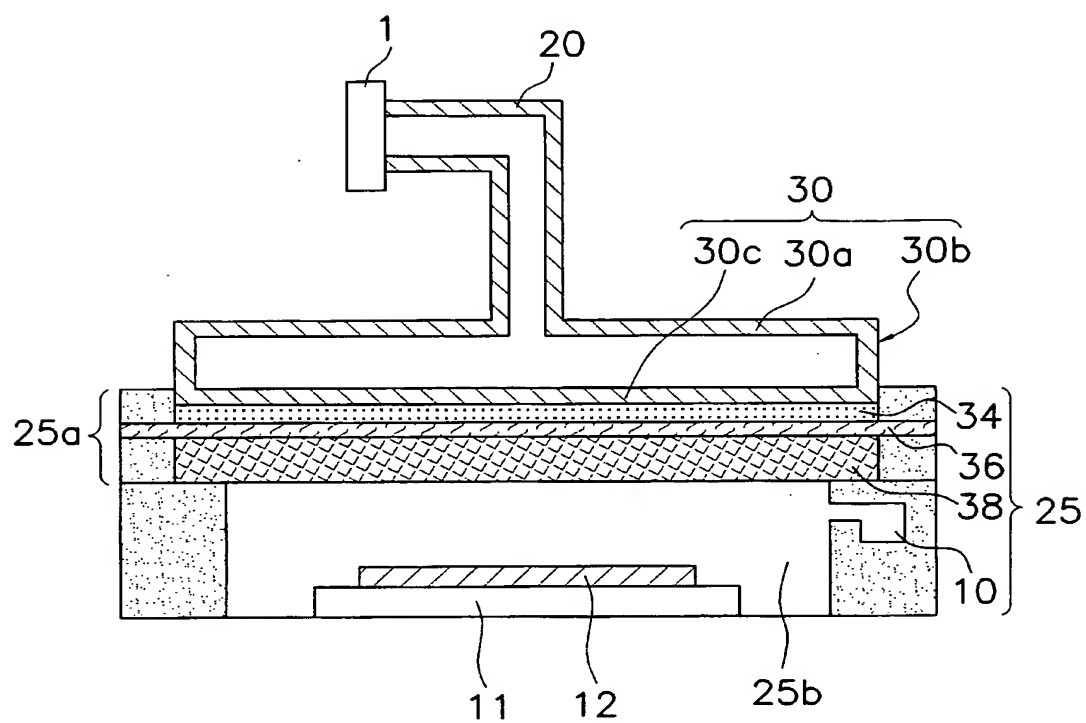
【図 6】



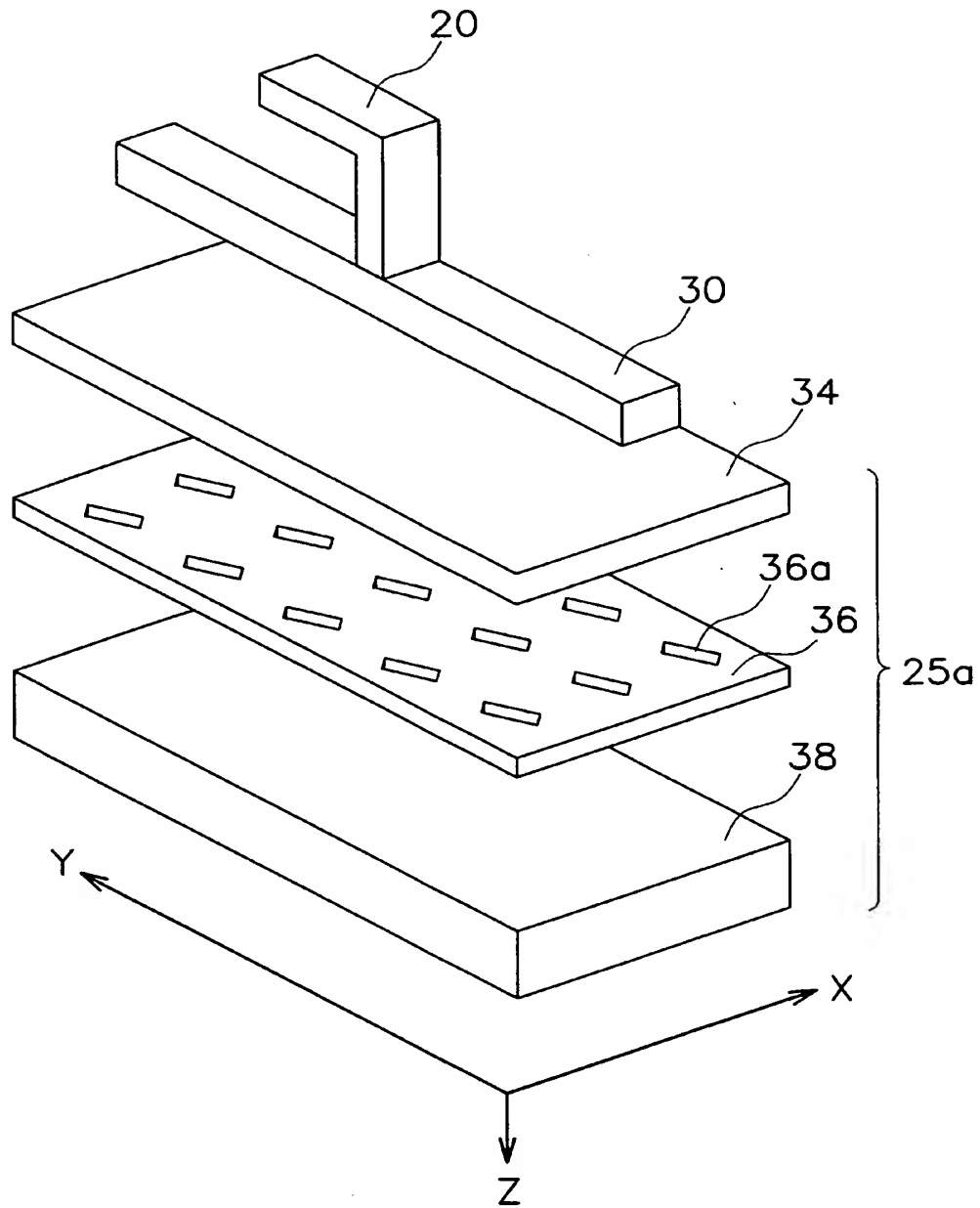
【図 7】



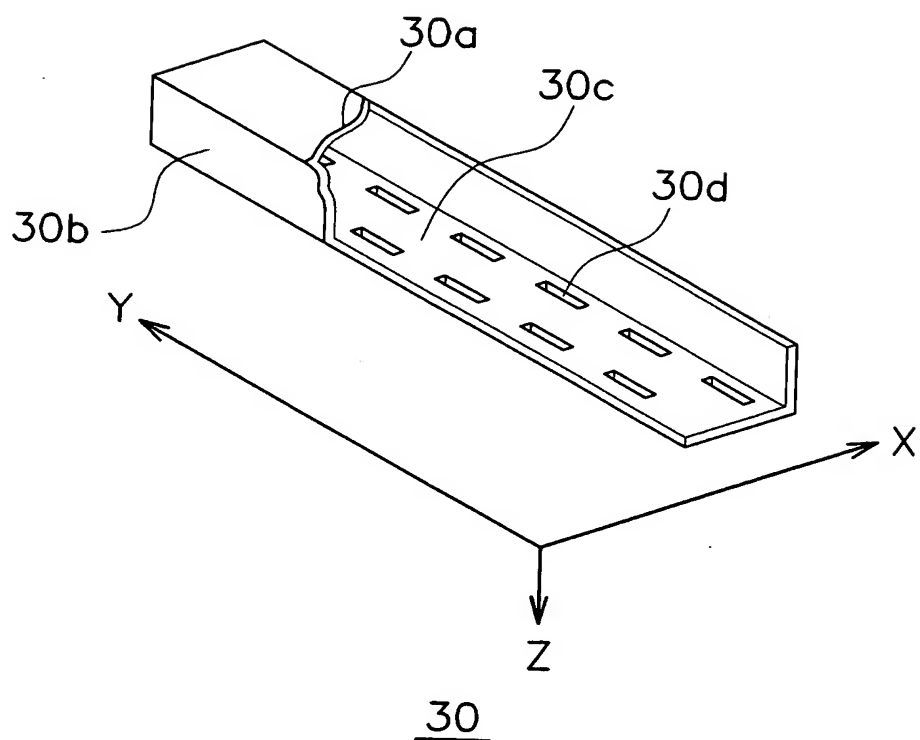
【図 8】



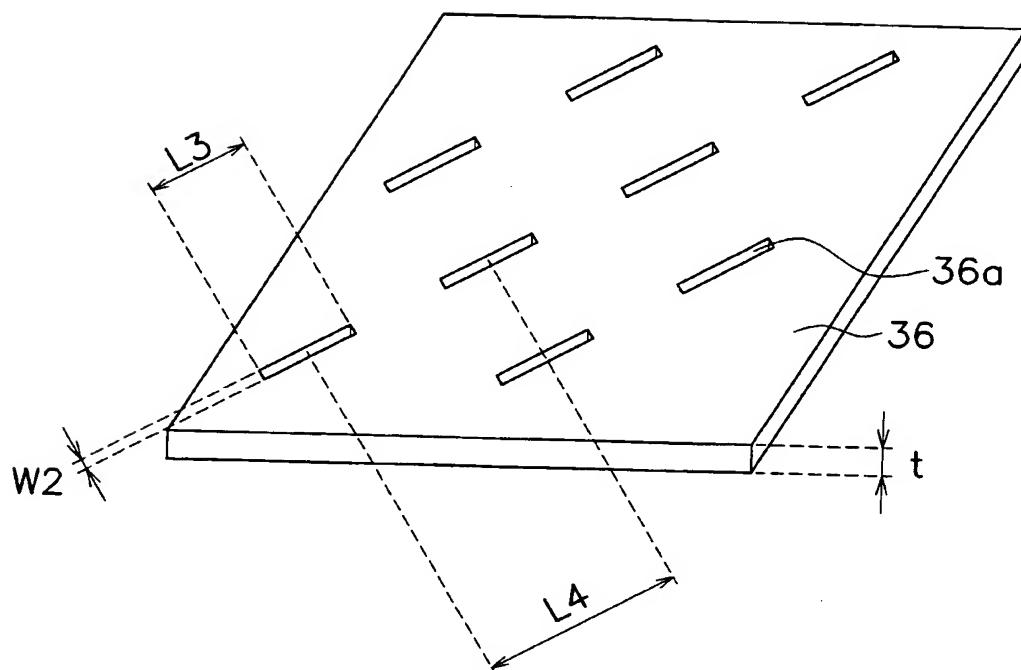
【図 9】



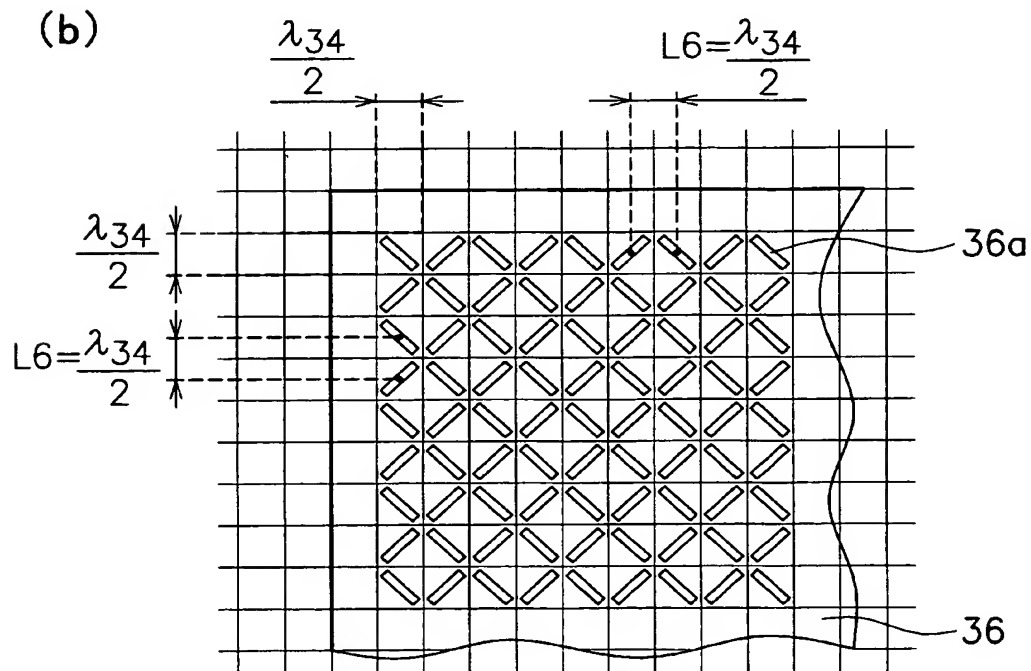
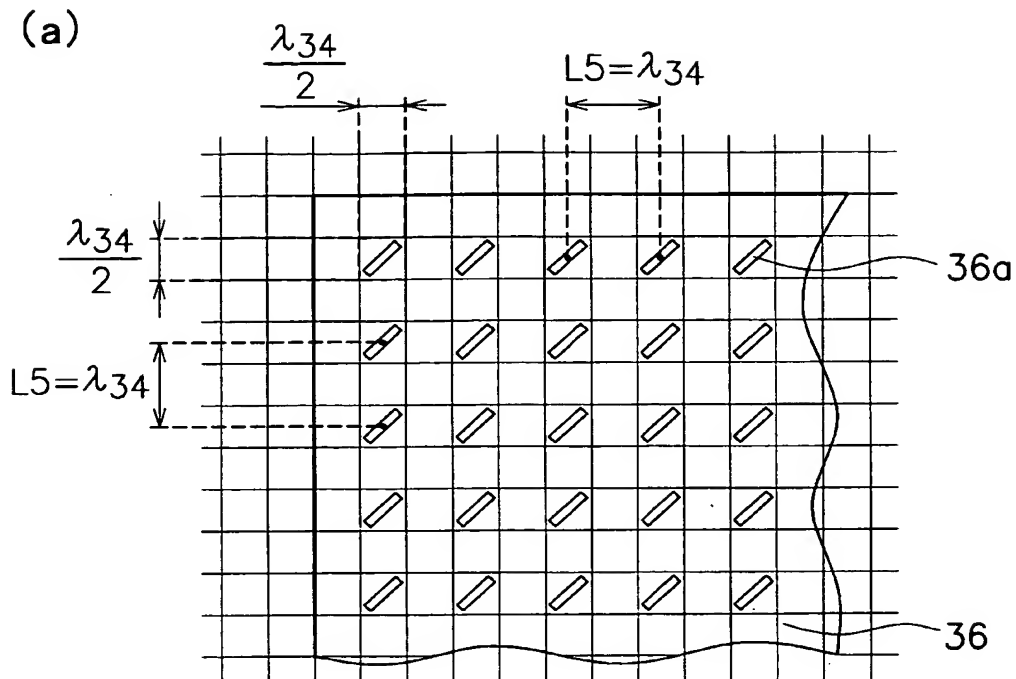
【図 10】



【図 11】

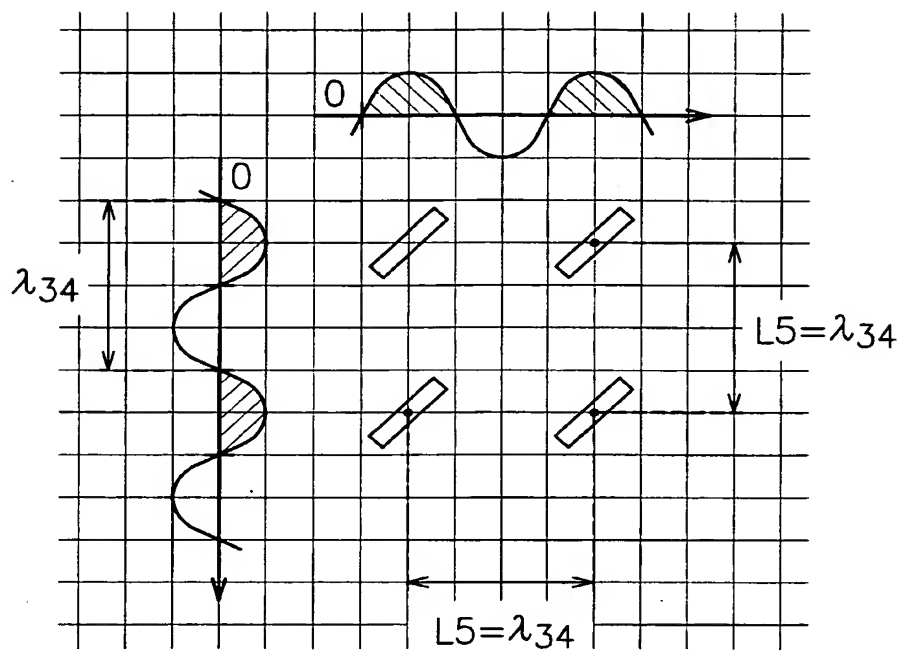


【図 12】

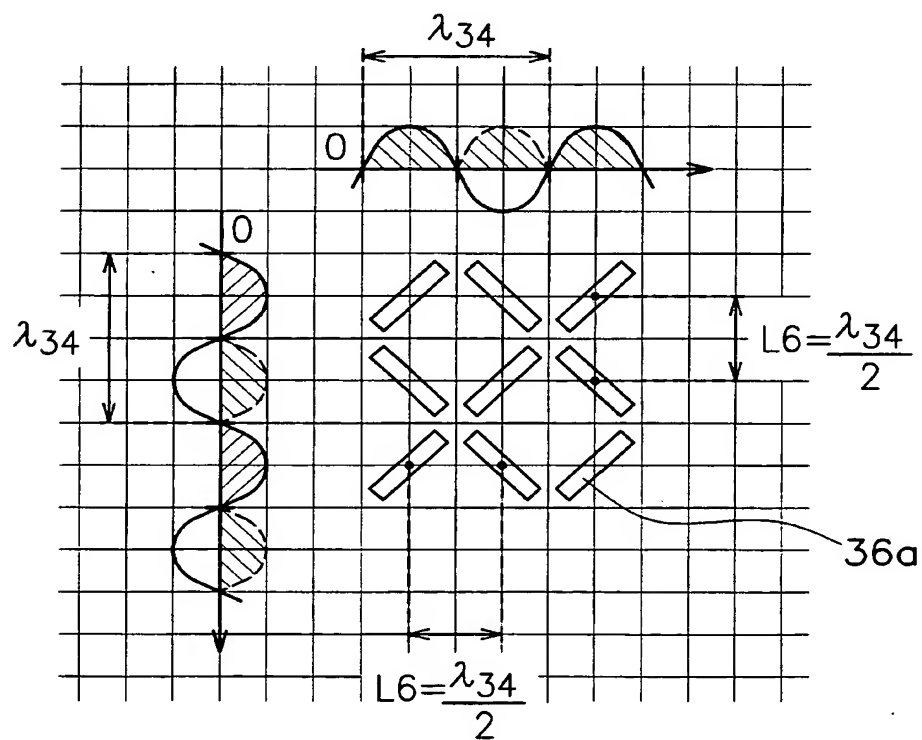


【図 13】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、熱による熱変形ひずみを低減しつつ、マイクロ波の特性変動を防止するスロット板を有するプラズマ装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 反応器内の試料にプラズマ処理を行うプラズマ処理装置であって、マイクロ波を発生するマイクロ波発生手段と、前記マイクロ波発生手段と前記反応器との間に設けられ、複数のスロットが形成されており、前記マイクロ波発生手段から発生したマイクロ波の電界強度分布を前記試料の処理面に沿って概ね均一にするスロット板と、前記スロット板と前記反応器との間に設けられ、前記スロット板から供給されるマイクロ波の電界強度分布の均一性を保持またはさらに高める第1誘電体と、前記マイクロ波により前記反応器内に発生するプラズマを用いて前記試料を処理する処理手段とを有し、前記スロット板の厚みが1 mm以上であるプラズマ処理装置を提供する。

【選択図】 図5

特願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 7 6

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 6 0 2 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地

氏 名

ローム株式会社